· 论著 ·

高血压患者甘油三酯-葡萄糖体质量指数与夜间高血压的相关性分析

王志军[1*]，张士博[1]，刘杰[1]，李东琦[1]，郑美佳[1]，周建芝[2]

1.063000 河北省唐山市，华北理工大学附属医院心血管内科
2.063000 河北省唐山市，华北理工大学校医院内科
*通信作者：王志军，教授；E-mail：wzj300@163.com

【摘要】　**背景**　甘油三酯-葡萄糖体质量指数（TyG-BMI 指数）是反映胰岛素抵抗的一种新型指标，已被证实与高血压存在关联，但目前缺乏 TyG-BMI 指数与夜间动态血压参数及夜间高血压的研究。**目的**　探讨 TyG-BMI 指数与夜间动态血压参数及夜间高血压的关系。**方法**　选择 2022 年 6 月—2023 年 10 月于华北理工大学附属医院行动态血压监测的原发性高血压患者 396 例为研究对象，将患者按 TyG-BMI 指数四分位数分为 Q1 组（n=99）、Q2 组（n=99）、Q3 组（n=99）、Q4 组（n=99）。收集患者基线资料、实验室检查结果及 24 小时动态血压监测（ABPM）结果。计算 TyG-BMI 指数、甘油三酯-葡萄糖（TyG）指数、三酰甘油/高密度脂蛋白胆固醇（TG/HDL-C）。应用广义线性模型分析不同 TyG-BMI 指数分组与夜间 ABPM 参数的关联。采用 Spearman 相关性分析 TyG-BMI 指数、TyG 指数、TG/HDL-C 与夜间血压指标相关性。绘制受试者工作特征曲线（ROC 曲线）分析 TyG-BMI 指数对夜间高血压的预测效能并计算 ROC 曲线下面积（AUC）。**结果**　Q1~Q4 组年龄、BMI、空腹 TG、空腹血糖（FBG）、肾素-血管紧张素-醛固酮系统（RAAS）抑制剂、脑卒中、糖尿病、高脂血症比例比较，差异有统计学意义（P<0.05）。Q1~Q4 组全天平均收缩压、全天平均舒张压、日间平均收缩压、日间平均舒张压、夜间平均收缩压、夜间平均舒张压、夜间收缩压下降率、夜间收缩压标准差、夜间舒张压标准差比较，差异有统计学意义（P<0.05）。广义线性模型结果显示 TyG-BMI 指数分组是夜间平均收缩压（β=6.623，P=0.002）、夜间平均舒张压（β=4.553，P=0.001）的影响因素；将研究对象按照是否患有高脂血症或糖尿病进行分层，在未患有高脂血症或糖尿病的研究对象中 TyG-BMI 指数分组是夜间平均舒张压（β=8.462，P<0.001）的影响因素；在患有高脂血症或糖尿病的研究对象中 TyG-BMI 指数分组与夜间平均收缩压（β=4.604，P=0.097）、夜间平均舒张压（β=1.988，P=0.285）无相关性。Spearman 相关性分析结果示，TyG-BMI 指数与高血压患者的夜间平均收缩压（r_s=0.155，P=0.002）呈正相关，TG/HDL-C（r_s=0.193，P<0.001）、TyG 指数（r_s=0.145，P=0.004）、TyG-BMI 指数（r_s=0.250，P<0.001）与夜间平均舒张压呈正相关。绘制 TG/HDL-C、TyG 指数、TyG-BMI 指数预测夜间高血压的 ROC 曲线，TG/HDL-C、TyG 指数、TyG-BMI 指数预测夜间高血压的 AUC 分别为 0.570（95%CI=0.513~0.627，P=0.017）、0.559（95%CI=0.502~0.616，P=0.046）、0.618（95%CI=0.563~0.673，P<0.001）；患有高脂血症或糖尿病研究对象中 TG/HDL-C、TyG-BMI 指数预测夜间高血压的 AUC 分别为 0.578（95%CI=0.504~0.651，P=0.043）、0.627（95%CI=0.557~0.698，P=0.001）。**结论**　原发性高血压患者中，TyG-BMI 指数与夜间平均舒张压水平存在正相关。TyG-BMI 指数对夜间高血压具有较高的预测价值。

【关键词】　高血压；夜间高血压；甘油三酯-葡萄糖体质量指数；风险评估
【中图分类号】　R 544.1　【文献标识码】　A　DOI：10.12114/j.issn.1007-9572.2024.0062

Correlation Analysis between TyG-BMI Index and Nocturnal Hypertension in Patients with Hypertension

WANG Zhijun[1]，ZHANG Shibo[1]，LIU jie[1]，LI Dongqi[1]，ZHENG Meijia[1]，ZHOU Jianzhi[2]，*
1 Department of Cardiology，the Affiliated Hospital of North China University of Science and Technology，Tangshan 063000，

基金项目：2024 年政府资助临床医学优秀人才培养项目（ZF2024198）
引用本文：王志军，张士博，刘杰，等．高血压患者甘油三酯-葡萄糖体质量指数与夜间高血压的相关性分析［J］．中国全科医学，2024. DOI：10.12114/j.issn.1007-9572.2024.0062.［Epub ahead of print］.［www.chinagp.net］
WANG Z J，ZHANG S B，LIU J，et al. Correlation analysis between TyG-BMI index and nocturnal hypertension in patients with hypertension［J］. Chinese General Practice，2024.［Epub ahead of print］.



China
2.Department of Internal Medicine, North China University of Science and Technology Hospital, Tangshan 063000, China
**Corresponding author: WANG Zhijun, Professor; E-mail: wzj300@163.com*

【Abstract】 **Background** The triglyceride-glucose-body mass index (TyG-BMI index) is a novel indicator reflecting insulin resistance and has been proven to be associated with hypertension. However, there is a lack of research on the relationship between the TyG-BMI index and nocturnal ambulatory blood pressure parameters as well as nocturnal hypertension. **Objective** To explore the relationship between the TyG-BMI index and nocturnal ambulatory blood pressure parameters as well as nocturnal hypertension. **Methods** A total of 396 patients with essential hypertension who underwent ambulatory blood pressure monitoring (ABPM) at the Affiliated Hospital of North China University of Science and Technology from June 2022 to October 2023 were selected as the study subjects. Patients were divided into four groups based on the quartiles of the TyG-BMI index: Q1 (n=99), Q2 (n=99), Q3 (n=99), and Q4 (n=99). Baseline data, laboratory test results, and 24-hour ABPM results were collected. The TyG-BMI index, triglyceride-glucose (TyG) index, and triglyceride/high-density lipoprotein cholesterol (TG/HDL-C) ratio were calculated. A generalized linear model was used to analyze the association between different TyG-BMI index groups and nocturnal ABPM parameters. Spearman correlation analysis was employed to assess the correlations of the TyG-BMI index, TyG index, and TG/HDL-C with nocturnal blood pressure indicators. Receiver operating characteristic (ROC) curves were plotted to analyze the predictive efficacy of the TyG-BMI index for nocturnal hypertension, and the area under the ROC curve (AUC) was calculated. **Results** There were statistically significant differences in age, BMI, fasting TG, fasting blood glucose (FBG), use of renin-angiotensin-aldosterone system (RAAS) inhibitors, and proportions of stroke, diabetes, and hyperlipidemia among the Q1 to Q4 groups (P<0.05). Significant differences were also observed in 24-hour average systolic blood pressure, 24-hour average diastolic blood pressure, daytime average systolic blood pressure, daytime average diastolic blood pressure, nocturnal average systolic blood pressure, nocturnal average diastolic blood pressure, nocturnal systolic blood pressure dip, nocturnal systolic blood pressure standard deviation, and nocturnal diastolic blood pressure standard deviation among these groups (P<0.05). The results of the generalized linear model indicated that the TyG-BMI index group was a significant influencer of nocturnal average systolic blood pressure (β=6.623, P=0.002) and nocturnal average diastolic blood pressure (β=4.553, P=0.001). When stratified by the presence of hyperlipidemia or diabetes, the TyG-BMI index group was found to be a significant influencer of nocturnal average diastolic blood pressure (β=8.462, P<0.001) in subjects without hyperlipidemia or diabetes, but no correlation was observed between the TyG-BMI index group and nocturnal average systolic blood pressure (β=4.604, P=0.097) or nocturnal average diastolic blood pressure (β=1.988, P=0.285) in subjects with hyperlipidemia or diabetes. Spearman correlation analysis revealed a positive correlation between the TyG-BMI index and nocturnal average systolic blood pressure (r_s=0.155, P=0.002) in hypertensive patients, and positive correlations between TG/HDL-C (r_s=0.193, P<0.001), TyG index (r_s=0.145, P=0.004), TyG-BMI index (r_s=0.250, P<0.001) and nocturnal average diastolic blood pressure. ROC curves were plotted for TG/HDL-C, TyG index, and TyG-BMI index to predict nocturnal hypertension, with AUCs of 0.570 (95%CI=0.513-0.627, P=0.017), 0.559 (95%CI=0.502-0.616, P=0.046), and 0.618 (95%CI=0.563-0.673, P<0.001), respectively. In subjects with hyperlipidemia or diabetes, the AUCs for TG/HDL-C and TyG-BMI index predicting nocturnal hypertension were 0.578 (95%CI=0.504-0.651, P=0.043) and 0.627 (95%CI=0.557-0.698, P=0.001), respectively. **Conclusion** In patients with essential hypertension, the TyG-BMI index is positively correlated with nocturnal average diastolic blood pressure. The TyG-BMI index has a high predictive value for nocturnal hypertension.

【Key words】 Hypertension; Nocturnal hypertension; TyG-BMI index; Risk assessment

夜间高血压（nocturnal hypertension，NH）通常指测试对象的24小时动态血压监测（ambulator blood pressure monitoring，ABPM）结果中夜间平均收缩压≥120 mmHg（1 mmHg=0.133 kPa）和/或夜间平均舒张压≥70 mmHg的一种特殊高血压类型[1]。ABPM作为诊断夜间高血压的“金标准”，不仅尽可能地排除了诊室血压测量环境、测量方式等外在因素的影响，还能显示人体在不同环境、不同状态下的全天血压水平[2]。虽然国内目前缺乏对夜间高血压患病人数流行病学的统计结果[3]。但国内外多项夜间高血压检出率的相关研究均得出相似的结果：诊室高血压人群中一半以上存在夜间高血压[4-5]。因此找到一种更为简便有效的夜间高血压患病风险的预测指标，识别出夜间高血压的高危人群，提高夜间高血压的检出率、提前预防夜间高血压的“时间窗”具有较高的临床实际应用价值。研究证实多种胰岛素抵抗标志物均与夜间高血压的发生风险呈正向关联[6]。甘油三酯-葡萄糖体质量（TyG-BMI）指数已被研究证实与胰岛素抵抗（insulin resistance，IR）存

在相关性，是反映胰岛素抵抗的一种简便、可靠、可重复性强的新型测量指标，并且其与高血压的关联性也得到了研究的证实[7]。本研究收集了华北理工大学附属医院原发性高血压就诊患者的一般资料、部分实验室化验指标及动态血压数据，分析高血压患者 TyG-BMI 指数与夜间动态血压参数及夜间高血压的相关性。

1 对象与方法

1.1 研究对象

选择 2022 年 6 月—2023 年 10 月于华北理工大学附属医院行动态血压监测且病历资料完整的原发性高血压患者 396 例作为研究对象。纳入标准：（1）年龄 ≥ 18 岁；（2）符合《中国高血压防治指南 2018 年修订版》[8]中原发性高血压诊断标准；（3）同意参加本研究并签署知情同意书者。排除标准：（1）继发性高血压；（2）妊娠期高血压；（3）合并严重感染、贫血、心脏瓣膜病、心肌病、严重肝肾功能异常、甲状腺功能异常、慢性阻塞性肺疾病、恶性肿瘤等可能引起血压变化疾病的患者。本研究通过华北理工大学附属医院伦理委员会批准（伦理审批号：20231011021）。

1.2 分组

将患者按 TyG-BMI 指数四分位数分为 Q1 组（TyG-BMI 指数 ≤ 168.96，n=99）、Q2 组（TyG-BMI 指数 168.97~193.39，n=99）、Q3 组（TyG-BMI 指数 193.40~213.98，n=99）、Q4 组（TyG-BMI 指数 >213.98，n=99）。

1.3 资料收集

1.3.1 临床基本资料：收集包括年龄、性别、BMI、受教育程度、吸烟、饮酒史、体育锻炼、打鼾、失眠、焦虑状态、是否规律服用降压药物及服药情况、基础疾病患病情况：慢性心力衰竭（chronic heart failure，CHF）、冠状动脉粥样硬化性心脏病（coronary artery disease，CAD）、脑卒中（cerebralvascular accident，CVA）、糖尿病（diabetes mllitus，DM）等临床基本资料。

1.3.2 实验室检测指标：选取受检者入院后首日或次日空腹状态下抽取肘静脉血 5 mL 用于化验空腹血糖（fasting blood glucose，FBG）、三酰甘油（triglyceride，TG）、总胆固醇（total cholesterol，TC）、高密度脂蛋白胆固醇（high density lipoprotein cholesterol，HDL-C）、低密度脂蛋白胆固醇（low density lipoprotein，LDL-C），化验结果均由华北理工大学附属医院检验科医师应用经过校正的全自动生化分析仪测定得出。

1.3.3 ABPM：使用已经校准及国际认证的星脉 WBP-02 系列标准动态血压仪进行测量，日间（7：30—21：00）每 30 min 测量 1 次，夜间（21：00—7：30）每 1 h 测量 1 次，保证 24 h 测量期间每 1 h 至少有 1 次血压读数，并保证日间有效读数 ≥ 10 次，夜间有效读数 ≥ 7 次，整体有效读数 ≥ 70%。收集日间、夜间及全天的收缩压、舒张压，并采集夜间收缩压下降率、夜间舒张压下降率、收缩压标准差、舒张压标准差。

1.4 相关定义及诊断标准

吸烟定义每天至少吸 1 支烟，连续 1 年以上。饮酒定义为连续 1 年以上，每周至少饮酒 200 mL（酒精含量 ≥ 50%）。失眠定义为阿森斯失眠量表评定总分 ≥ 4 分[9]。焦虑状态定义为广泛性焦虑障碍量表（GAD-7）≥ 5 分[10]。规律服用降压药定义为近 3 个月服药天数比例（PDC）≥ 80%。PDC 是一个连续变量，≥ 80% 被认为服药依从性较好，定义为整个周期内提供的药物天数除以周期内的天数期间更换了药物，但被另一种降压类药物覆盖被认为在更换药物期间持续存在[11]。糖尿病诊断参照《中国 2 型糖尿病防治指南（2020 年版）》[12]，空腹血糖（FBG）≥ 7.0 mmol/L 或有糖尿病病史或降糖药服药史。高脂血症诊断参照《中国成人血脂异常防治指南（2016 年修订版）》[13]，符合以下任何一条即可诊断：空腹 TC>5.2 mmol/L、TG>1.7 mmol/L、LDL>3.4 mmol/L、HDL ≤ 1.0 mmol/L。慢性心力衰竭参照《中国心力衰竭诊断和治疗指南 2018》[14] 中关于慢性心力衰竭的定义诊断。冠状动脉粥样硬化性心脏病参照《急性冠脉综合征急诊快速诊治指南（2019）》[15]，有典型的缺血性胸痛症状的患者诊断为急性冠状动脉综合征（acute coronary syndrome，ACS）；符合 2013 年欧洲心脏病学会指南[16]中 ACS 后稳定的、无症状阶段的诊断为稳定性冠心病（stable coronary heart disease，SACD）。脑卒中参照《中国急性缺血性脑卒中诊治指南 2014》[17]、《中国脑出血诊治指南 2019》[18]结合患者入院后颅脑 CT/MRI 结果确定。

1.5 TyG-BMI 指数及对比指标甘油三酯 - 葡萄糖（TyG）指数、TG/HDL-C 的计算公式

（1）TG/HDL-C=TG/HDL-C[19]；（2）甘油三酯 - 葡萄糖指数（TyG 指数）=ln［空腹 TG（mg/dL）× 空腹血糖（mg/dL）/2］[20]；（3）TyG-BMI 指数 =TyG 指数 ×BMI[7]。

1.6 统计学方法

应用 SPSS26.0 统计学软件进行数据分析，正态或近似正态分布的计量资料以（$\bar{x} \pm s$）表示，组间比较采用单因素方差分析；非正态分布的计量资料以 M（QR）表示，组间比较采用 Kruskal-Walis H 秩和检验；计数资料以例（%）表示，组间比较采用 Pearson χ^2 检验。应用广义线性模型分析不同 TyG-BMI 指数分组与夜间 ABPM 参数的关联；采用 Spearman 相关性分析 TyG-BMI 指数、TyG 指数、TG/HDL-C 与夜间血压指标相关

性。绘制受试者工作特征曲线（ROC 曲线）分析 TyG-BMI 指数对夜间高血压的预测效能并计算 ROC 曲线下面积（AUC）。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 Q1~Q4 组研究对象基线资料

Q1~Q4 组年龄、BMI、空腹 TG、FBG、肾素 - 血管紧张素 - 醛固酮系统（RAAS）抑制剂、脑卒中、糖尿病、高脂血症比例比较，差异有统计学意义（$P<0.05$）；各组性别、吸烟、吸烟、打鼾、失眠、焦虑状态、受教育程度、规律服用降压药、β 受体阻滞剂、钙离子通道阻滞剂（CCB）、利尿剂、降脂药、慢性心力衰竭、冠心病比例比较，差异无统计学意义（$P>0.05$），见表 1。

2.2 Q1~Q4 组研究对象 24 h ABPM 参数情况

Q1~Q4 组全天平均收缩压、全天平均舒张压、日间平均收缩压、日间平均舒张压、夜间平均收缩压、夜间平均舒张压、夜间收缩压下降率、夜间收缩压标准差、夜间舒张压标准差比较，差异有统计学意义（$P<0.05$）；各组夜间舒张压下降率、全天收缩压标准差、全天舒张压标准差、日间收缩压标准差、日间舒张压标准差比较，差异无统计学意义（$P>0.05$），见表 2。

2.3 TyG-BMI 指数分组对夜间 ABPM 参数影响的广义线性模型分析

以 TyG-BMI 指数四分位数分组为自变量，以夜间平均收缩压、夜间平均舒张压分别作为因变量（赋值：原值纳入）进行广义线性模型分析，模型 1 未进行校正，模型 2 校正了年龄、性别，模型 3 在模型 2 的基础上校正了吸烟、饮酒、体育锻炼、受教育程度、失眠、焦虑状态、打鼾、规律服用降压药，结果显示 TyG-BMI 指数分组是夜间平均收缩压（β=6.623，P=0.002）、夜间平均舒张压（β=4.553，P=0.001）的影响因素，见表 3。

2.4 分层后 TyG-BMI 指数分组对夜间 ABPM 参数影响的广义线性模型分析

将研究对象按照是否患有高脂血症或糖尿病进行分层，以 TyG-BMI 四分位数分组为自变量，以夜间平

表 1 Q1~Q4 组研究对象基线资料比较结果

Table 1 Comparison of baseline data of subjects in group Q1-Q4

分组	例数	年龄（岁）	性别（男/女）	BMI［M（QR），kg/m²］	空腹 TG［M（QR），mmol/L］	FBG［M（QR），mmol/L］	空腹 TC［M（QR），mmol/L］	HDL-C［M（QR），mmol/L］	LDL-C［M（QR），mmol/L］
Q1 组	99	66.1±11.1	51/48	22.60（2.34）	0.95（0.52）	5.53（1.29）	4.21（1.80）	1.24（0.56）	2.50（1.19）
Q2 组	99	63.0±9.0	48/51	25.22（2.04）	1.27（0.72）	5.87（1.87）	4.53（1.57）	1.18（0.41）	2.88（1.41）
Q3 组	99	62.3±9.8	54/45	27.34（2.45）	1.53（0.91）	6.27（2.46）	4.36（1.88）	1.13（0.37）	2.78（1.35）
Q4 组	99	58.3±12.1	52/47	30.86（3.57）	2.25（1.72）	6.43（3.61）	5.01（1.79）	1.11（0.34）	3.18（1.31）
检验统计量值		9.013[a]	0.759	278.076[b]	142.108[b]	28.777[b]	18.510[b]	11.352[b]	22.128[b]
P 值		<0.001	0.859	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.010	<0.001

分组	吸烟［例（%）］	饮酒［例（%）］	打鼾［例（%）］	失眠［例（%）］	焦虑状态［例（%）］	受教育程度［例（%）］		规律服用降压药［例（%）］
						初中以下	初中及以上学历	
Q1 组	27（27.3）	30（30.3）	32（32.3）	27（27.3）	32（32.3）	14（14.1）	85（85.9）	66（66.7）
Q2 组	35（35.4）	35（35.4）	41（41.4）	28（28.3）	37（37.4）	17（17.2）	82（82.8）	78（78.8）
Q3 组	40（40.4）	36（36.4）	50（50.5）	34（34.3）	39（39.4）	16（16.2）	83（83.8）	80（80.8）
Q4 组	38（38.4）	41（41.4）	39（39.4）	25（25.2）	37（37.4）	14（14.1）	85（85.9）	72（72.7）
检验统计量值	4.331	2.679	6.859	2.217	1.164	0.523		6.422
P 值	0.228	0.444	0.075	0.529	0.762	0.914		0.093

分组	服用降压药种类［例（%）］				降脂药［例（%）］	慢性心力衰竭［例（%）］	冠心病［例（%）］	脑卒中［例（%）］	糖尿病［例（%）］	高脂血症［例（%）］
	RAAS 抑制剂	β 受体阻滞剂	CCB	利尿剂						
Q1 组	24（24.2）	48（48.5）	52（52.5）	3（3.0）	45（45.5）	4（4.0）	46（46.5）	52（52.5）	22（22.2）	30（30.3）
Q2 组	44（44.4）	53（53.5）	55（55.6）	11（11.1）	50（50.5）	2（2.0）	47（47.5）	49（49.5）	24（24.2）	27（27.3）
Q3 组	33（33.3）	58（58.6）	58（58.6）	9（9.1）	57（57.6）	2（2.0）	46（46.5）	67（67.7）	36（36.4）	50（50.5）
Q4 组	43（43.4）	52（52.5）	51（51.5）	9（9.1）	65（65.7）	5（5.0）	52（52.5）	49（49.5）	48（48.5）	67（67.7）
检验统计量值	11.611	2.059	1.222	4.896	9.247	2.147	1.001	9.084	19.926	43.016
P 值	0.009	0.560	0.748	0.180	0.026	0.542	0.801	0.028	<0.001	<0.001

注：TyG-BMI 指数 = 甘油三酯 - 葡萄糖体质量指数，TG= 三酰甘油，FBG= 空腹血糖，TC= 总胆固醇，HDL-C= 高密度脂蛋白胆固醇，LDL-C= 低密度脂蛋白胆固醇，RAAS= 肾素 - 血管紧张素 - 醛固酮系统，CCB= 钙离子通道阻滞剂；[a] 为 F 值，[b] 为 H 值，余检验统计量为 χ^2 值。

均收缩压、夜间平均舒张压分别作为因变量（赋值：原值纳入）进行广义线性模型分析，模型校正情况同2.3，结果显示在未患有高脂血症或糖尿病的研究对象中TyG-BMI指数分组是夜间平均舒张压（β=8.462，P<0.001）的影响因素；在患有高脂血症或糖尿病的研究对象中TyG-BMI指数分组与夜间平均收缩压（β=4.604，P=0.097）、夜间平均舒张压（β=1.988，P=0.285）无相关性，见表4~5。

2.5 TyG-BMI指数、TyG指数、TG/HDL-C与夜间血压指标相关性分析

Spearman相关性分析结果示，TyG-BMI指数与高血压患者的夜间平均收缩压（r_s=0.155，P=0.002）呈正相关，TG/HDL-C（r_s=0.193，P<0.001）、TyG指数（r_s=0.145，P=0.004）、TyG-BMI指数（r_s=0.250，P<0.001）与夜间平均舒张压呈正相关，其中TyG-BMI指数与夜间平均收缩压、夜间平均舒张压水平的相关性最强，见表6。

2.6 TG/HDL-C、TyG指数、TyG-BMI指数对夜间高血压的预测价值

绘制TG/HDL-C、TyG指数、TyG-BMI指数预测夜间高血压的ROC曲线，TG/HDL-C、TyG指数、TyG-BMI指数预测夜间高血压的AUC分别为0.570（95%CI=0.513~0.627，P=0.017）、0.559（95%CI=0.502~0.616，P=0.046）、0.618（95%CI=0.563~0.673，P<0.001）。

将研究对象按照是否患有高脂血症或糖尿病进行分层，患有高脂血症或糖尿病研究对象中TG/HDL-C、TyG指数、TyG-BMI指数预测夜间高血压的AUC分别为0.578（95%CI=0.504~0.651，P=0.043）、0.569（95%CI=0.497~0.642，P=0.070）、0.627（95%CI=0.557~0.698，P=0.001）；未患有高脂血症或糖尿病研究对象中TG/HDL-C、TyG指数、TyG-BMI指数预测夜间高血压的AUC分

表2 Q1~Q4组研究对象24 h ABPM参数情况比较结果［M（QR）］
Table 2 24-hour ABPM parameters in different TyG BMI groups

分组	例数	全天平均收缩压（mmHg）	全天平均舒张压（mmHg）	日间平均收缩压（mmHg）	日间平均舒张压（mmHg）	夜间平均收缩压（mmHg）	夜间平均舒张压（mmHg）	夜间收缩压下降率（%）
Q1组	99	129（19）	72（13）	129（20）	72（14）	119（20）	67（14）	4.03（11.88）
Q2组	99	130（20）	77（15）	132（21）	79（15）	121（21）	69（13）	5.26（8.49）
Q3组	99	133（25）	77（14）	137（24）	78（15）	125（27）	70（14）	5.56（7.82）
Q4组	99	134（18）	80（17）	136（18）	80（18）	131（21）	75（18）	2.78（9.70）
H值		9.284	19.866	9.893	18.440	10.516	24.675	8.390
P值		0.026	<0.001	0.019	<0.001	0.015	<0.001	0.039

分组	夜间舒张压下降率（%）	全天收缩压标准差（mmHg）	全天舒张压标准差（mmHg）	日间收缩压标准差（mmHg）	日间舒张压标准差（mmHg）	夜间收缩压标准差（mmHg）	夜间舒张压标准差（mmHg）
Q1组	6.45（11.29）	14.79（6.04）	10.83（5.37）	13.85（5.95）	10.56（5.86）	10.30（5.46）	8.36（3.86）
Q2组	6.85（13.04）	15.84（6.31）	12.27（5.42）	15.08（6.64）	12.14（5.67）	10.80（6.64）	9.32（5.78）
Q3组	7.06（10.81）	15.41（6.55）	12.33（5.99）	15.44（6.59）	11.54（6.11）	11.89（6.72）	9.85（4.03）
Q4组	5.88（13.03）	14.72（6.4）	12.17（5.11）	14.63（5.85）	11.64（5.33）	12.01（5.04）	10.28（5.78）
H值	2.777	4.844	7.592	4.119	6.015	13.208	16.336
P值	0.427	0.184	0.055	0.249	0.111	0.004	0.001

表3 TyG-BMI指数分组对夜间ABPM参数影响的广义线性模型分析
Table 3 Generalized linear model analysis of the influence of TyG-BMI groups on nighttime ABPM parameters

参数	分组	模型1		模型2		模型3	
		β（95%CI）	P值	β（95%CI）	P值	β（95%CI）	P值
夜间平均收缩压	Q1组	—		—		—	
	Q2组	2.616（-2.278~7.510）	0.295	3.398（-1.477~8.273）	0.172	0.576（-3.432~4.585）	0.778
	Q3组	4.162（-0.733~9.056）	0.096	5.028（0.145~9.911）	0.044	0.710（-3.368~4.788）	0.733
	Q4组	7.535（2.641~12.430）	0.003	9.403（4.390~14.416）	<0.001	6.623（2.497~10.749）	0.002
夜间平均舒张压	Q1组	—		—		—	
	Q2组	4.717（1.667~7.767）	0.002	3.914（1.067~6.760）	0.007	3.026（0.359~5.694）	0.026
	Q3组	4.455（1.404~7.505）	0.004	3.202（0.351~6.053）	0.028	1.950（-0.764~4.664）	0.159
	Q4组	7.909（4.859~10.959）	<0.001	5.522（2.595~8.449）	<0.001	4.553（1.807~7.299）	0.001

注：模型1未进行校正，模型2校正了年龄、性别，模型3在模型2的基础上校正了吸烟、饮酒、体育锻炼、受教育程度、失眠、焦虑状态、打鼾、规律服用降压药。

表 4 患有高脂血症或糖尿病的研究对象 TyG-BMI 指数分组对夜间 ABPM 参数影响的广义线性模型分析

Table 4 Generalized linear model analysis of the impact of TyG-BMI grouping on nocturnal abpm parameters in subjects with hyperlipidemia or diabetes

参数	分组	模型 1		模型 2		模型 3	
		β（95%*CI*）	*P* 值	β（95%*CI*）	*P* 值	β（95%*CI*）	*P* 值
夜间平均收缩压	Q1 组	—		—		—	
	Q2 组	-2.067（-8.392~4.258）	0.522	-0.948（-7.327~5.431）	0.771	-3.505（-8.662~1.651）	0.183
	Q3 组	3.696（-2.708~10.100）	0.258	4.243（-2.134~10.620）	0.192	0.568（-4.644~5.779）	0.831
	Q4 组	6.817（0.440~13.193）	0.036	8.859（2.202~15.517）	0.009	4.604（-0.826~10.035）	0.097
夜间平均舒张压	Q1 组	—		—		—	
	Q2 组	1.239（-2.845~5.324）	0.552	-0.431（-4.219~3.356）	0.823	-1.351（-4.809~2.106）	0.444
	Q3 组	2.645（-1.490~6.781）	0.210	1.856（-1.930~5.643）	0.337	0.571（-2.924~4.066）	0.749
	Q4 组	7.017（2.899~11.134）	0.001	3.863（-0.090~7.816）	0.055	1.988（-1.654~5.629）	0.285

注：模型 1 未进行校正，模型 2 校正了年龄、性别，模型 3 在模型 2 的基础上校正了吸烟、饮酒、体育锻炼、受教育程度、失眠、焦虑状态、打鼾、规律服用降压药。

表 5 未患有高脂血症或糖尿病的研究对象 TyG-BMI 指数分组对夜间 ABPM 参数影响的广义线性模型分析

Table 5 Generalized linear model analysis of the impact of TyG-BMI grouping on nocturnal abpm parameters in subjects without hyperlipidemia or diabetes

参数	分组	模型 1		模型 2		模型 3	
		β（95%*CI*）	*P* 值	β（95%*CI*）	*P* 值	β（95%*CI*）	*P* 值
夜间平均收缩压	Q1 组	—		—		—	
	Q2 组	5.308（-2.156~12.771）	0.163	6.149（-1.284~13.581）	0.105	4.692（-1.744~11.128）	0.153
	Q3 组	6.692（-0.771~14.156）	0.079	7.296（-0.112~14.704）	0.054	0.440（-5.973~6.853）	0.893
	Q4 组	4.965（-2.547~12.477）	0.195	6.856（-0.831~14.543）	0.080	6.183（-0.194~12.559）	0.057
夜间平均舒张压	Q1 组	—		—		—	
	Q2 组	6.077（1.750~10.403）	0.006	5.475（1.305~9.646）	0.010	5.468（1.280~9.656）	0.011
	Q3 组	7.333（3.007~11.660）	0.001	6.846（2.690~11.003）	0.001	5.277（1.105~9.450）	0.013
	Q4 组	9.825（5.470~14.179）	<0.001	8.492（4.178~12.805）	<0.001	8.462（4.313~12.611）	<0.001

注：模型 1 未进行校正，模型 2 校正了年龄、性别，模型 3 在模型 2 的基础上校正了吸烟、饮酒、体育锻炼、受教育程度、失眠、焦虑状态、打鼾、规律服用降压药。

别为 0.522（95%*CI*=0.430~0.614，*P*=0.641）、0.521（95%*CI*=0.428~0.614，*P*=0.654）、0.574（95%*CI*=0.484~0.664，*P*=0.111），见表 7，图 1~2。

表 6 TyG-BMI 指数、TyG 指数、TG/HDL-C 与夜间平均收缩压、夜间平均舒张压的相关性分析结果

Table 6 Correlation analysis results of TyG-BMI，TyG，TG/HDL-C with mean nocturnal systolic blood pressure and mean nocturnal diastolic blood pressure

指标	夜间平均收缩压		夜间平均舒张压	
	r_s 值	*P* 值	r_s 值	*P* 值
TG/HDL-C	0.083	0.097	0.193	<0.001
TyG 指数	0.081	0.110	0.145	0.004
TyG-BMI 指数	0.155	0.002	0.250	<0.001

注：TyG 指数 = 甘油三酯 - 葡萄糖指数。

3 讨论

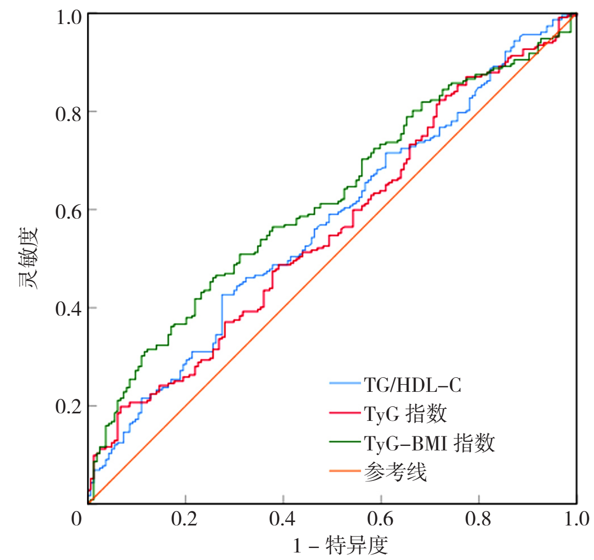
胰岛素抵抗（IR）和夜间高血压均是危害公众健康的风险因素，IR 已被证实与高血压存在相关性[21]。IR 目前的诊断方式主要有高胰岛素正常血糖钳（HIEC）试验、胰岛素抵抗的稳态模型（HOMA-IR），然而，考虑到以上两种诊断方式的高昂花费、操作复杂以及可

表 7 TG/HDL-C、TyG 指数、TyG-BMI 指数对夜间高血压的预测价值

Table 7 The predictive value of TG/HDL-C，TyG，and TyG BMI for nocturnal hypertension

指标	AUC	95%*CI*	灵敏度	特异度	最佳截断值	*P* 值
所有研究对象						
TG/HDL-C	0.570	0.513~0.627	0.427	0.726	1.539	0.017
TyG 指数	0.559	0.502~0.616	0.198	0.933	8.047	0.046
TyG-BMI 指数	0.618	0.563~0.673	0.461	0.744	202.086	<0.001
患有高脂血症或糖尿病研究对象						
TG/HDL-C	0.578	0.504~0.651	0.577	0.587	1.539	0.043
TyG 指数	0.569	0.497~0.642	0.302	0.880	8.056	0.070
TyG-BMI 指数	0.627	0.557~0.698	0.570	0.652	202.086	0.001
未患有高脂血症或糖尿病研究对象						
TG/HDL-C	0.522	0.430~0.614	0.904	0.208	0.522	0.641
TyG 指数	0.521	0.428~0.614	0.759	0.375	6.726	0.654
TyG-BMI 指数	0.574	0.484~0.664	0.313	0.847	199.673	0.111

注：AUC= 受试者工作特征曲线下面积。



注：TG/HDL-C= 三酰甘油 / 高密度脂蛋白胆固醇，TyG 指数 = 甘油三酯－葡萄糖指数，TyG-BMI 指数 = 甘油三酯－葡萄糖体质量指数。

图 1 TG/HDL-C、TyG 指数、TyG-BMI 指数预测夜间高血压的 ROC 曲线

Figure 1 ROC curves for predicting nocturnal hypertension using TG/HDL-C，TyG index and TyG-BMI index

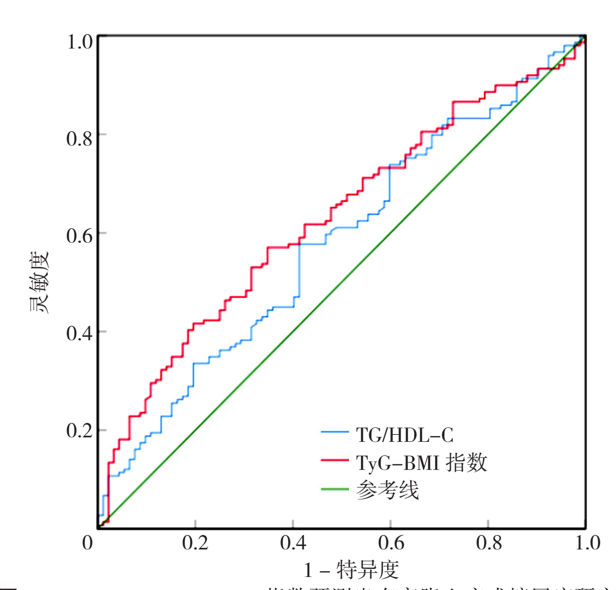


图 2 TG/HDL-C、TyG-BMI 指数预测患有高脂血症或糖尿病研究对象夜间高血压的 ROC 曲线

Figure 2 ROC curves for predicting nocturnal hypertension in subjects with hyperlipidemia or diabetes using TG/HDL-C and TyG-BMI index

重复性较差等局限性，在临床工作中实际开展并不广泛[7]。研究证实 TyG 指数和肥胖相关参数进行整合后的指标［甘油三酯葡萄糖腰围（TyG-WC）指数、TyG-BMI、甘油三酯葡萄糖－腰高比指数］相对于单纯应用 TyG 指数反映胰岛素抵抗更有价值[22]。DENG 等[23]证实了 TyG-BMI 指数与中国成年人的高血压呈正向的线性关联，在高血压的预测效能方面优于多种单个指标（BMI、TyG 指数、TG 和 FBG）。

本研究探讨了 TyG-BMI 指数与夜间动态血压参数及夜间高血压的关系，发现随着 TyG-BMI 指数的增加，夜间平均收缩压、夜间平均舒张压水平也随之增加。虽然以往关于 TyG-BMI 指数与夜间血压水平的研究较少，但在

ŞAYLıK 等[24]的相关研究中发现，夜间血压下降不达标的患者 TyG 指数水平较高，并证实 TyG 指数是夜间血压下降不达标的独立预测因素，绘制 ROC 曲线发现 TyG 指数对于夜间血压下降不达标的预测效能优于 FBG、TG 以及 HOMA-IR。然而 GÜVEN 等[25]的研究中未发现 TyG 指数与夜间血压下降率之间存在关联性。本研究 Q4 组的 ABPM 参数中除了日间平均收缩压以外，其余均为四分位数分组中的最高值，并且 Q1~Q4 组患者平均年龄逐渐下降，与 YUAN 等[26]关于 TyG 及其衍生指标与高血压发病风险的研究结论相似：内脏脂肪指数（VAI）、血清亮氨酸氨基转肽酶（LAP）、TyG-BMI 指数、TyG-WC 指数与最低四分位数组的研究对象相比，最高四分位数组中年轻研究对象高血压的发病风险较高，而 TyG 指数却呈现出反向趋势，即最高四分位数组相较于最低四分位数组老年人患高血压的风险高于年轻人。本研究入组的均为原发性高血压患者，随着 TyG-BMI 指数的增加，四分位数组中的年龄构成也呈现出年轻化的趋势。本研究发现 HDL-C、LDL-C 存在组间差异，CHE 等[27]在 TyG 指数、HDL-C 与心血管疾病关系的研究中也得出了类似的结果，并考虑将 TyG/HDL-C 作为一项评估心血管疾病潜在风险的指标。随着 TyG-BMI 指数的升高，胆固醇水平也显著升高，WEN 等[28]探讨了 TyG 指数与家族性高胆固醇血症（familial hypercholesterolemia，FH）患者死亡率的关系，表明其是一项反映 FH 患者代谢状态的良好指标，并且与 FH 患者的动脉粥样硬化性心血管疾病（atherosclerotic cardio-vascular disease，ASCVD）发生及全因死亡率独立相关。本研究入组高血压患者服用降压药方面，服用 RAAS 抑制剂的患者占比存在组间差异，IR 发生机制与 RAAS 紧密相关，RAAS 抑制剂通过抑制 IR 激活血管紧张素（Ang）Ⅱ及其受体进而抑制高胰岛素血症的进展，从而阻断或减弱 RAAS 系统激活－高胰岛素血症的恶性循环[29]。针对这一靶点，MILLER 等[30]通过动物实验发现 Ang-（1-7）可能在高血压、肥胖、代谢综合征中起到保护效应。ALEXANDRE-SANTOS 等[31]研究也肯定了 RAAS 抑制剂对于减少内脏脂肪、增加 Ang Ⅱ / Ang-（1-7）比值的作用。本研究脑卒中患病占比存在组间差异，CHEN 等[32]通过对 537 例出血性脑卒中患者和 872 例缺血性脑卒中患者进行随访，得出 TyG 指数是 ICU 脑血管疾病患者严重意识受损和住院死亡的重要预测因素。BMI 与脑卒中患者生存率呈反比的研究结

论已经广泛被报道，HOU 等[33]在 BMI 的基础上引入了 TyG 指数后也并未对此结论产生影响。吸烟、饮酒、打鼾、失眠、焦虑状态、受教育程度、是否规律服用降压药物、服用 β 受体阻滞剂、服用 CCB、服用利尿剂、患有慢性心力衰竭和冠心病等因素的组间比较结果无统计学意义，但这些因素也可能会影响 TyG-BMI 指数与夜间动态血压参数及夜间高血压之间的关联性。

本研究进一步分析了不同 TyG-BMI 指数与动态血压参数及血压变异性的情况，在 ABPM 的血压参数方面，发现组间差异均存在统计学意义，进一步广义线性模型的分析结果证实了 TyG-BMI 指数与夜间舒张压的正向关联性。在血压下降率方面，可以看出随着 TyG-BMI 指数的增加，夜间血压的下降率存在组间差异，与 PENG 等[34]的研究结论相同，但受限于样本量、患者服药等情况以及残余混杂因素的影响，本研究在组间分析中仅显示出夜间收缩压下降率差异有统计学意义。在血压变异性的分析中，未发现 TyG-BMI 指数与除夜间收缩压标准差、夜间舒张压标准差之外的其他参数存在关联性，或许可考虑 TyG-BMI 指数与夜间血压变异性的关联程度更强，但尚需要进一步研究证实。

通过广义线性模型校正了混杂因素之后，进一步证实TyG-BMI指数与夜间平均舒张压水平的正向相关性。既往多项研究多针对 TyG-BMI 指数与高血压的相关性分析，较少涉及夜间血压，HUANG 等[7]研究了 TyG-BMI 指数与高血压发生风险的相关性，在调整多项混杂因素之后得出 TyG-BMI 每增加 10 个单位，高血压的发病风险会增加 31%。因 TyG-BMI 指数的计算基于 TG 和 / 或 FBG，故依据研究对象高脂血症和糖尿病的患病情况进行分层分析，在合并高脂血症或糖尿病的高血压患者中，夜间平均收缩压、夜间平均舒张压与 TyG-BMI 指数水平的相关性无统计学意义，其原因可能与样本数量有限、服用降糖及降脂药物等混杂因素的影响相关，而在无高脂血症和糖尿病的高血压患者中，随着 TyG-BMI 指数的增加，夜间平均舒张压水平逐渐上升，而与夜间平均收缩压水平的关联性并不明显，既往研究仅有 PENG 等[34]的研究发现 TyG-BMI 指数与诊室收缩压、诊室舒张压水平呈线性正相关，而并未结合动态血压结果针对其对夜间血压水平的关联性进行进一步的研究。TyG-BMI 指数与夜间平均舒张压水平呈正向关联这一发现以及与夜间平均收缩压水平的关系也需要更多相关研究去论证。本研究 ROC 曲线分析显 TG/HDL-C、TyG 指数、TyG-BMI 指数对于夜间高血压患病预测的 AUC 分别为 0.570、0.559、0.618，进一步分析发现 TyG-BMI 指数在合并高脂血症或糖尿病的高血压患者中预测夜间高血压的 AUC 为 0.627，而在无高脂血症和糖尿病的高血压患者中的诊断效能不明显。ZHANG 等[35]的研究得出 TyG 指数和 TG/HDL-C 水平升高与高血压的发生有关，并且在预测高血压方面 TyG 指数比 TG/HDL-C 更显著。BALA 等[36]的研究证实了 TyG-BMI 指数与高血压之间存在紧密关联，但这种关联并不优于 BMI、TyG 指数、TyG-WC 指数，考虑以上指标对于夜间高血压的研究较为有限，本研究将这 3 种与高血压相关的指标绘制了 ROC 曲线进行比较，发现 TyG-BMI 指数预测夜间高血压的发生较 TyG 指数、TG/HDL-C 的诊断效能更高，但在无高脂血症、糖尿病的高血压患者中对于夜间高血压的诊断效能相较于有高脂血症或糖尿病高危因素的高血压患者有所降低，因此，未来针对 TyG-BMI 指数预测夜间高血压的应用范围需要进一步的研究。

TyG-BMI 指数所反映的胰岛素受体与血压之间的病理生理机制尚未完全明确，目前已知的可能机制有以下几个方面：（1）信号传导通路方面的机制：胰岛素受体的下调引起自磷酸化，胰岛素受体底物（IRS）的酪氨酸磷酸化通过磷脂酰肌醇 3- 激酶（PI3K）等途径介导了脂肪细胞、骨骼肌细胞及肾小管对葡萄糖的摄取，以及抑制一氧化氮合酶、激活丝裂原活化蛋白激酶途径从而收缩血管导致血压升高[37-38]。（2）葡萄糖脂肪代谢紊乱：包含脂肪组织中的胰岛素受体以及晚期糖基化终末产物（advanced glycation end product，AGE）通过线粒体、内皮细胞等功能障碍导致外周血管负荷增加[39-40]。（3）激活 RAAS 及反应性高胰岛素血症：胰岛素受体通过促进 Ang Ⅱ 及其受体的表达激活 RAAS，引起近段肾小管水钠重吸收引起血浆体积增大及反应性高胰岛素血症，反向激活 RAAS 形成恶性循环[41]。（4）症反应和内皮细胞功能障碍：炎症反应及内皮素的释放均继发于 RAAS 的激活，从而引起外周血管收缩[42-43]。（5）交感神经的激活：促进肾上腺素和去甲肾上腺素分泌，引起心输出量和外周阻力的增加等机制介导血压的升高[44]。

既往关于 TyG-BMI 指数与夜间动态血压参数及夜间高血压的研究较少，仅有部分研究探讨了 TyG 指数与夜间血压下降不达标及夜间血压下降率之间的关联[20-21]。本研究基于就诊的原发性高血压患者的动态血压数据探讨了 TyG-BMI 指数与夜间动态血压参数及夜间高血压的关系，为临床实践及更进一步的研究提供了借鉴，这是本研究的一大优势。但本研究也存在一定的局限性：首先，本研究属于横断面研究，不能明确 TyG-BMI 指数与血压的因果关系；其次，未进一步评估 HOMA-IR 对结论进行验证；再次，数据中协变量较为有限，尽管已经校正，但仍可能存在残留的混杂因素。

综上所述，在原发性高血压患者中，TyG-BMI 指数与夜间平均舒张压水平存在正向关联。TG/HDL-C、TyG 指数、TyG-BMI 对夜间高血压均有一定的预测价值，

TyG-BMI 指数的预测价值更高。监测 TyG-BMI 指数有利于发现夜间血压升高尤其是夜间舒张压升高的潜在风险。TyG-BMI 指数可能会成为更具经济效益且简便易行的评价夜间血压水平的非侵入式粗测指标，为未来夜间高血压的早期筛查、风险分层管理等提供新的思路。

作者贡献：王志军负责研究设计、撰写论文，张士博负责整理数据、协助撰写论文，刘杰、李东琦、郑美佳、周建芝负责资料收集、数据分析、结果解释。王志军负责文章的质量控制及审核校对，对文章整体负责；所有作者均确认了论文的终稿。

本文无利益冲突。

参考文献

[1] JOINT COMMITTEE FOR GUIDELINE REVISION. 2018 Chinese guidelines for prevention and treatment of hypertension–a report of the revision committee of Chinese guidelines for prevention and treatment of hypertension [J]. J Geriatr Cardiol，2019，16（3）：182–241. DOI：10.11909/j.issn.1671–5411.2019.03.014.

[2] KARIO K，HOSHIDE S，CHIA Y C，et al. Guidance on ambulatory blood pressure monitoring：a statement from the HOPE Asia network [J]. J Clin Hypertens，2021，23（3）：411–421. DOI：10.1111/jch.14128.

[3] 中国高血压联盟《夜间高血压管理中国专家共识》委员会，刘靖，李燕，等. 夜间高血压管理中国专家共识 [J]. 中华高血压杂志，2023，31（7）：610–618. DOI：10.16439/j.isn.1673–7245.2023.07.003.

[4] SALAZAR M R，ESPECHE W G，BALBÍN E，et al. Prevalence of isolated nocturnal hypertension according to 2018 European Society of Cardiology and European Society of Hypertension office blood pressure categories [J]. J Hypertens，2020，38（3）：434–440. DOI：10.1097/HJH.0000000000002278. [PubMed]

[5] 姚涛，王张锋，张艳，等. 老年诊室高血压人群夜间高血压的检出率和相关因素分析 [J]. 中国煤炭工业医学杂志，2023，26（4）：400–405. DOI：10.11723/mtgyyx 1007–9564 202304013.

[6] SALAZAR M R，ESPECHE W G，STAVILE R N，et al. Nocturnal but not diurnal hypertension is associated to insulin resistance markers in subjects with normal or mildly elevated office blood pressure [J]. Am J Hypertens，2017，30（10）：1032–1038. DOI：10.1093/ajh/hpx096.

[7] HUANG X M，HE J C，WU G X，et al. TyG–BMI and hypertension in normoglycemia subjects in Japan：a cross–sectional study [J]. Diab Vasc Dis Res，2023，20（3）：14791641231173617. DOI：10.1177/14791641231173617.

[8] 中国高血压防治指南修订委员会，高血压联盟（中国，中华医学会心血管病学分会中国医师协会高血压专业委员会，等. 中国高血压防治指南（2018 年修订版）[J]. 中国心血管杂志，2019，24（1）：24–56. DOI：10.3969/j.issn.1007–5410.2019.01.002.

[9] JAHRAMI H，TRABELSI K，SAIF Z，et al. Reliability generalization meta–analysis of the Athens insomnia scale and its translations：examining internal consistency and test–retest validity [J]. Sleep Med，2023，111：133–145. DOI：10.1016/j.sleep.2023.09.015.

[10] HINZ A，KLEIN A M，BRÄHLER E，et al. Psychometric evaluation of the Generalized Anxiety Disorder Screener GAD–7，based on a large German general population sample [J]. J Affect Disord，2017，210：338–344. DOI：10.1016/j.jad.2016.12.012.

[11] WONG M C，TAM W W，CHEUNG C S，et al. Medication adherence to first–line antihypertensive drug class in a large Chinese population [J]. Int J Cardiol，2013，167（4）：1438–1442. DOI：10.1016/j.ijcard.2012.04.060.

[12] 朱大龙. 中国 2 型糖尿病防治指南（2020 年版）[J]. 中华糖尿病杂志，2021，13（4）：315–409. DOI：10.3760/cma.j.cn115791–20210221–00095.

[13] 中国成人血脂异常防治指南修订联合委员会. 中国成人血脂异常防治指南（2016 年修订版）[J]. 中国循环杂志，2016，31（10）：937–950. DOI：10.3969/j.issn.1000–3614.2016.10.001.

[14] 中华医学会心血管病学分会心力衰竭学组，中国医师协会心力衰竭专业委员会，中华心血管病杂志编辑委员会. 中国心力衰竭诊断和治疗指南 2018[J]. 中华心血管病杂志，2018，46（10）：760–789. DOI：10.3760/cma.j.issn.0253–3758.2018.10.004.

[15] 中国医师协会急诊医师分会，国家卫健委能力建设与继续教育中心急诊学专家委员会，中国医疗保健国际交流促进会急诊急救分会. 急性冠脉综合征急诊快速诊治指南（2019）[J]. 临床急诊杂志，2019，20（4）：253–262. DOI：10.13201/j.issn.1009–5918.2019.04.001.

[16] KJELDSEN S E，NARKIEWICZ K，OPARIL S，et al. 2013 European society of hypertension/European society of cardiology hypertension guidelines [J]. Blood Press，2013，22（4）：191–192. DOI：10.3109/08037051.2013.817814.

[17] 中华医学会神经病学分会，中华医学会神经病学分会脑血管病学组. 中国急性缺血性脑卒中诊治指南 2014 [J]. 中华神经科杂志，2015，48（4）：246–257. DOI：10.3760/cma.j.issn.1006–7876.2015.04.002.

[18] 中华医学会神经病学分会，中华医学会神经病学分会脑血管病学组. 中国脑出血诊治指南（2019）[J]. 中华神经科杂志，2019，52（12）：994–1005. DOI：10.3760/cma.j.issn.1006–7876.2019.12.003.

[19] KOSMAS C E，RODRIGUEZ POLANCO S，BOUSVAROU M D，et al. The triglyceride/high–density lipoprotein cholesterol（TG/HDL–C）ratio as a risk marker for metabolic syndrome and cardiovascular disease [J]. Diagnostics，2023，13（5）：929. DOI：10.3390/diagnostics13050929.

[20] ALIZARGAR J，BAI C H，HSIEH N C，et al. Use of the triglyceride–glucose index（TyG）in cardiovascular disease patients [J]. Cardiovasc Diabetol，2020，19（1）：8. DOI：10.1186/s12933–019–0982–2.

[21] KOSMAS C E，BOUSVAROU M D，KOSTARA C E，et al. Insulin resistance and cardiovascular disease [J]. J Int Med Res，2023，51（3）：3000605231164548. DOI：10.1177/03000605231164548.

[22] LIM J，KIM J，KOO S H，et al. Comparison of triglyceride glucose index，and related parameters to predict insulin resistance in Korean adults：an analysis of the 2007–2010 Korean national health and nutrition examination survey [J]. PLoS One，2019，14（3）：e0212963. DOI：10.1371/journal.pone.0212963.

[23] DENG D Y，CHEN C L，WANG J B，et al. Association between triglyceride glucose-body mass index and hypertension in Chinese adults：a cross-sectional study［J］. J Clin Hypertens，2023，25（4）：370-379. DOI：10.1111/jch.14652.

[24] ŞAYLıK F，ÇıNAR T，SELÇUK M，et al. Triglyceride-to-glucose index to detect a non-dipping circadian pattern in newly diagnosed hypertensive patients［J］. J Cardiovasc Thorac Res，2022，14（3）：147-152. DOI：10.34172/jcvtr.2022.20.

[25] GÜVEN A T. Evaluation of the relationship between inflammatory，metabolic，and liver-related indexes and blood pressure dipping ratios：a retrospective study［J］. Niger J Clin Pract，2023，26（12）：1886-1894. DOI：10.4103/njcp.njcp_510_23.

[26] YUAN Y，SUN W，KONG X Q. Comparison between distinct insulin resistance indices in measuring the development of hypertension：the China health and nutrition survey［J］. Front Cardiovasc Med，2022，9：912197. DOI：10.3389/fcvm.2022.912197.

[27] CHE B Z，ZHONG C K，ZHANG R J，et al. Triglyceride-glucose index and triglyceride to high-density lipoprotein cholesterol ratio as potential cardiovascular disease risk factors：an analysis of UK biobank data［J］. Cardiovasc Diabetol，2023，22（1）：34. DOI：10.1186/s12933-023-01762-2.

[28] WEN J，PAN Q，DU L L，et al. Association of triglyceride-glucose index with atherosclerotic cardiovascular disease and mortality among familial hypercholesterolemia patients［J］. Diabetol Metab Syndr，2023，15（1）：39. DOI：10.1186/s13098-023-01009-w.

[29] LIONTOS A，BIROS D，PAPAGIANNOPOULOS C，et al. The effect of commonly used fixed-dose single pill combinations of renin-angiotensin-system blockers and calcium channel blockers on HOMA-IR index in hypertensive patients with impaired fasting glucose：a 12-week randomized open-label prospective study［J］. Maedica，2022，17（3）：561-570. DOI：10.26574/maedica.2022.17.3.561.

[30] MILLER A J，BINGAMAN S S，MEHAY D，et al. Angiotensin-（1-7）improves integrated cardiometabolic function in aged mice［J］. Int J Mol Sci，2020，21（14）：5131. DOI：10.3390/ijms21145131.

[31] ALEXANDRE-SANTOS B，MAGLIANO D C，GIORI I G，et al. Renin-angiotensin system modulation through enalapril and/or exercise training improves visceral adiposity in obese mice［J］. Life Sci，2022，291：120269. DOI：10.1016/j.lfs.2021.120269.

[32] CHEN T，QIAN Y，DENG X L. Triglyceride glucose index is a significant predictor of severe disturbance of consciousness and all-cause mortality in critical cerebrovascular disease patients［J］. Cardiovasc Diabetol，2023，22（1）：156. DOI：10.1186/s12933-023-01893-6.

[33] HOU Z Y，PAN Y S，YANG Y D，et al. An analysis of the potential relationship of triglyceride glucose and body mass index with stroke prognosis［J］. Front Neurol，2021，12：630140. DOI：10.3389/fneur.2021.630140.

[34] PENG N，KUANG M B，PENG Y，et al. Associations between TyG-BMI and normal-high blood pressure values and hypertension：cross-sectional evidence from a non-diabetic population［J］. Front Cardiovasc Med，2023，10：1129112. DOI：10.3389/fcvm.2023.1129112.

[35] ZHANG F M，ZHANG Y Y，GUO Z G，et al. The association of triglyceride and glucose index，and triglyceride to high-density lipoprotein cholesterol ratio with prehypertension and hypertension in normoglycemic subjects：a large cross-sectional population study［J］. J Clin Hypertens，2021，23（7）：1405-1412. DOI：10.1111/jch.14305.

[36] BALA C，GHEORGHE-FRONEA O，POP D，et al. The association between six surrogate insulin resistance indexes and hypertension：a population-based study［J］. Metab Syndr Relat Disord，2019，17（6）：328-333. DOI：10.1089/met.2018.0122.

[37] BROSOLO G，DA PORTO A，BULFONE L，et al. Insulin resistance and high blood pressure：mechanistic insight on the role of the kidney［J］. Biomedicines，2022，10（10）：2374. DOI：10.3390/biomedicines10102374.

[38] TAGI V M，MAINIERI F，CHIARELLI F. Hypertension in patients with insulin resistance：etiopathogenesis and management in children［J］. Int J Mol Sci，2022，23（10）：5814. DOI：10.3390/ijms23105814.

[39] SASAKI N，MAEDA R，OZONO R，et al. Adipose tissue insulin resistance predicts the incidence of hypertension：the Hiroshima study on glucose metabolism and cardiovascular diseases［J］. Hypertens Res，2022，45（11）：1763-1771. DOI：10.1038/s41440-022-00987-0.

[40] SAKR H F，SIRASANAGANDLA S R，DAS S，et al. Insulin resistance and hypertension：mechanisms involved and modifying factors for effective glucose control［J］. Biomedicines，2023，11（8）：2271. DOI：10.3390/biomedicines11082271.

[41] BROSOLO G，DA PORTO A，BULFONE L，et al. Insulin resistance and high blood pressure：mechanistic insight on the role of the kidney［J］. Biomedicines，2022，10（10）：2374. DOI：10.3390/biomedicines10102374.

[42] JIA G H，WHALEY-CONNELL A，SOWERS J R. Diabetic cardiomyopathy：a hyperglycaemia- and insulin-resistance-induced heart disease［J］. Diabetologia，2018，61（1）：21-28. DOI：10.1007/s00125-017-4390-4.

[43] MUNIYAPPA R，CHEN H，MONTAGNANI M，et al. Endothelial dysfunction due to selective insulin resistance in vascular endothelium：insights from mechanistic modeling［J］. Am J Physiol Endocrinol Metab，2020，319（3）：629-646. DOI：10.1152/ajpendo.00247.2020.

[44] DA SILVA A A，DO CARMO J M，LI X，et al. Role of hyperinsulinemia and insulin resistance in hypertension：metabolic syndrome revisited［J］. Can J Cardiol，2020，36（5）：671-682. DOI：10.1016/j.cjca.2020.02.066.

（收稿日期：2024-02-20；修回日期：2024-09-29）

（本文编辑：邹琳）